

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2006/2007  
*First Semester Examination*  
*Academic Session 2006/2007*

Oktober/November 2006

**EBB 323/3 - Teknologi Fabrikasi Semikonduktor**  
***EBB 323/3 - Semiconductor Fabrication Technology***

Masa : 3 jam

*Time : 3 hours*

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat beserta EMPAT muka surat (Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.

Jawab LIMA soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

*Please check that this examination paper consists of TEN pages of printed material and FOUR pages APPENDIX before you begin the examination.*

*This paper contains SEVEN questions.*

*Answer any FIVE questions. If a candidate answers more than five questions, only the first five answers will be examined and awarded marks.*

*Answer to any question must start on a new page.*

*All questions must be answered in Bahasa Malaysia.*

1. [a] Dengan bantuan gambarajah, terangkan proses-proses yang terlibat untuk menukarkan pasir menjadi ingot silikon yang berdiameter 200 mm.

(60 markah)

- [b] (i) Dengan menggunakan teknik CZ, hablur Si akan ditarik keluar dari leburan Si yang telah didop dengan boron ( $k_d = 0.80$ ). Jika berat leburan Si ialah 50 kg, berapa gram boron perlu ditambah ke dalam leburan bagi mencapai  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  semasa peringkat awal penumbuhan.

Berat atom boron ialah 11. Ketumpatan Si  $2.33 \text{ g/cm}^3$ .

(20 markah)

- (ii) Dalam pertumbuhan hablur berdop dengan boron ini, mengapakah kepekatan boron lebih tinggi pada hujung ekor ingot berbanding hujung berhampiran benih.

(20 markah)

2. [a] Satu lapisan silikon dioksida berketebalan  $1.2 \mu\text{m}$  akan ditumbuhkan di atas wafer silikon  $\langle 100 \rangle$  melalui kaedah pengoksidaan basah pada suhu  $1100^\circ\text{C}$ . Berapa lamakah masa yang diperlukan bagi menumbuhkan  $0.4 \mu\text{m}$  lapisan pertama,  $0.4 \mu\text{m}$  lapisan kedua dan  $0.4 \mu\text{m}$  lapisan akhir?

(60 markah)

- [b] Beserta gambarajah, terangkan empat penggunaan utama lapisan silikon dioksida di dalam peranti silikon.

(40 markah)

3. [a] Senaraikan elemen-elemen bilik bersih dan lakarkan kawasan fabrikasi asas yang perlu ada di dalam sesuatu industri fabrikasi semikonduktor.

(40 markah)

- [b] Resapan boron ke dalam wafer silikon jenis-n dengan kerintangan  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  memberikan profil Gaussian dengan kepekatan permukaan  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  dan kedalaman simpangan  $4 \mu\text{m}$ .

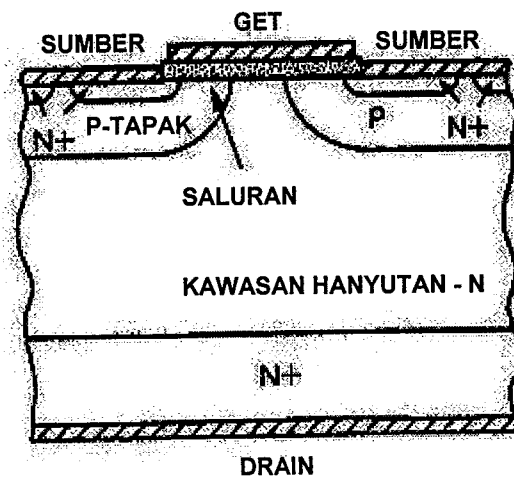
- (i) Berapa lamakah proses resapan akan berlaku, jika suhu resapan  $1100^\circ\text{C}$  dipilih? (Rujuk Jadual 1 bagi nilai  $D_0$  dan  $E_A$ )
- (ii) Apakah nilai rintangan keping lapisan berdop yang terhasil. (Rujuk Rajah 3 pada Lampiran 3)
- (iii) Berapakah jumlah keseluruhan bendasing dalam wafer silikon.

(60 markah)

**Jadual 1 - Nilai pemalar resapan bagi beberapa jenis unsur bendasing**

Unsur	$D_0(\text{cm}^2/\text{saat})$	$E_A(\text{eV})$
B	10.5	3.69
Al	8.00	3.47
Ga	3.60	3.51
In	16.5	3.90
P	10.5	3.69
As	0.32	3.56
Sb	5.60	3.95

4. [a] Senaraikan 3 era sejarah peranti semikonduktor. (10 markah)
- [b] Secara ringkas terangkan empat tren proses dan produk yang terdapat di dalam perkembangan industri semikonduktor. (40 markah)
- [c] Dengan bantuan gambarajah, jelaskan turutan proses pembuatan peranti yang ditunjukkan di bawah. Mulakan penerangan anda daripada wafer yang telah dicuci dan sedia untuk digunakan sehingga peranti tersebut sedia untuk dibungkus. Maklumat tambahan yang boleh menyokong cadangan turutan tersebut perlu diberikan.



(50 markah)

5. [a] Apakah perbezaan di antara pemunaran isotropik dengan anisotropik?  
(30 markah)
- [b] (i) Bagi satu laser eksimer ArF yang mempunyai sistem fotolitografi optikal 193 nm,  $NA = 0.65$ ,  $k_1 = 0.60$ , dan  $k_2 = 0.50$ , kirakan resolusi teori dan fokus kedalaman bagi alat tersebut?  
(40 markah)
- (ii) Apa yang boleh buat secara pratikal untuk menyelaraskan parameter  $NA$ ,  $k_1$ , dan  $k_2$  supaya resolusi dapat dipertingkatkan?  
(30 markah)
6. [a] Satu bahan dielektrik diletakkan di antara dua plat logam selari. Panjang,  $L = 1$  cm, lebar,  $W = 0.28 \mu\text{m}$ , tebal,  $T = 0.30 \mu\text{m}$ , dan jarak di antara dua plat logam,  $S = 0.36 \mu\text{m}$ .
- (i) Kira masa penundaan  $RC$ . Plat logam tersebut diperbuat daripada Al yang mempunyai kerintangan  $2.67 \mu\Omega\text{-cm}$ , dan dielektrik ialah oksida yang mempunyai pemalar dielektrik 3.9.  
(15 markah)
- (ii) Kira masa penundaan  $RC$ . Jika plat logam tersebut diperbuat daripada Cu yang mempunyai kerintangan  $1.70 \mu\Omega\text{-cm}$ , dan dielektrik ialah polimer organik yang mempunyai pemalar dielektrik 2.8.  
(15 markah)

- (iii) Bandingkan keputusan di (i) dan (ii). Berikan komen anda berdasarkan bahan-bahan yang digunakan sebagai plat logam dan dielektrik.

(30 markah)

- [b] Dengan bantuan gambarajah skematik yang sesuai, terangkan secara ringkas empat (4) jenis kegagalan yang mungkin berkaitan dengan pemprosesan *damanscene* yang menggunakan teknologi kuprum sebagai saling-penyambung.

(40 markah)

7. [a] Secara ringkas terangkan perbezaan di dalam hierarki pembungkusan elektronik.

(40 markah)

- [b] Secara ringkas bincangkan kriteria pemilihan pateri bebas plumbum untuk saling-penyambung cip-flip.

(30 markah)

- [c] Dengan bantuan gambarajah aliran, terangkan aliran proses yang asas untuk teknologi pematerian *bumping*.

(30 markah)

1. [a] *With the aid of diagrams, explain the processes involve in changing sand into a 200-mm diameter silicon ingot.*

*(60 marks)*

- [b] (i) *By using CZ technique, a Si crystal is being pull from the melt and doped with boron ( $k_d = 0.80$ ). If the Si weighs is 50 kg, how many grams of boron should be introduced to achieve a  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  doping during the initial growth?*

*The atomic weight of boron is 11. The density of Si is  $2.33 \text{ g/cm}^3$ .*

*(20 marks)*

- (ii) *In the growth of crystal doped boron, explain why boron concentration at the ingot tail is higher if compared to the side near to the seed?*

*(20 marks)*

2. [a] *A  $1.2 \mu\text{m}$  silicon dioxide film is grown on a  $\langle 100 \rangle$  silicon wafer in wet oxygen at  $1100^\circ\text{C}$ . How long does it take to grow the first  $0.4 \mu\text{m}$  layer, the second  $0.4 \mu\text{m}$  layer and the final  $0.4 \mu\text{m}$ ?*

*(60 marks)*

- [b] *With the aid of diagrams, explain four principals use of a silicon dioxide layer in silicon devices.*

*(40 marks)*

3. [a] List down the clean-room elements and sketch a basic fabrication area in semiconductor fabrication industry.

(40 marks)

- [b] A boron diffuses into a  $1\ \Omega\text{cm}$  n-type wafer resulting in a Gaussian profile with a surface concentration of  $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$  and a junction depth of  $4\ \mu\text{m}$ .

- (i) How long would it take for diffusion to take place if the diffusion temperature was  $1100^\circ\text{C}$ ? (Refer to appendix for  $D_0$  and  $E_A$  value)
- (ii) What was the sheet resistance of the layer? (Refer to Figure 3)
- (iii) What was the dose in the layer?

(60 marks)

**Table 1 - Diffusion coefficient values for a number of impurities**

Element	$D_0(\text{cm}^2/\text{sec})$	$E_A(\text{eV})$
B	10.5	3.69
Al	8.00	3.47
Ga	3.60	3.51
In	16.5	3.90
P	10.5	3.69
As	0.32	3.56
Sb	5.60	3.95



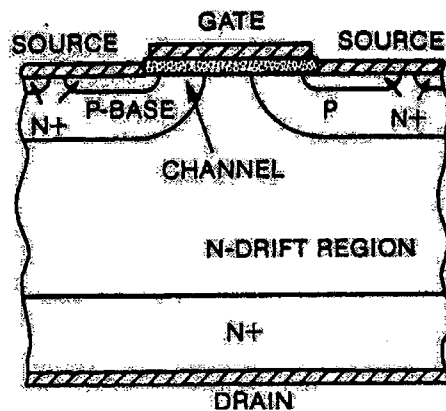
4. [a] List down 3 semiconductor device eras.

(10 marks)

- [b] Briefly explain four processes and product trends in the development of the semiconductor industry.

(40 marks)

- [c] With the help of schematic diagrams, explain the processing sequences, of a device shown below. Start your explanation after wafer cleaning process and conclude just before the device is packaged. Additional information which could support your explanation has to be provided.



(50 marks)

5. [a] What are the differences between isotropic and anisotropic etching?

(30 marks)

- [b] (i) For an ArF excimer laser 193-nm optical lithographic system with  $NA = 0.65$ ,  $k_1 = 0.60$ , and  $k_2 = 0.50$ , what are the **theoretical resolution and depth of focus** for the tools?

(40 marks)

- (ii) What can be done in practice to adjust  $NA$ ,  $k_1$ , and  $k_2$  parameters to improve resolution?

(30 marks)

...10/-

6. [a] *A dielectric material is placed between the two parallel metal lines. The length  $L = 1$  cm, width  $W = 0.28$   $\mu\text{m}$ , thickness  $T = 0.30$   $\mu\text{m}$ , and spacing  $S = 0.36$   $\mu\text{m}$ .*

(i) *Calculate the RC time delay. The metal is Al with a resistivity of  $2.67$   $\mu\Omega\text{-cm}$ , and the dielectric is oxide with dielectric constant 3.9.*

*(15 marks)*

(ii) *Calculate the RC time delay. The metal is Cu with a resistivity of  $1.70$   $\mu\Omega\text{-cm}$ , and the dielectric is organic polymer with dielectric constant 2.8.*

*(15 marks)*

(iii) *Compare the results in (i) and (ii) and give comments based on the materials used in metal lines and dielectrics.*

*(30 marks)*

[b] *With the help of schematic diagrams, briefly explain four (4) possible failure types associated with damascene processing using copper technology as interconnects.*

*(40 marks)*

7. [a] *Briefly explain differences in electronic packaging hierarchy.*

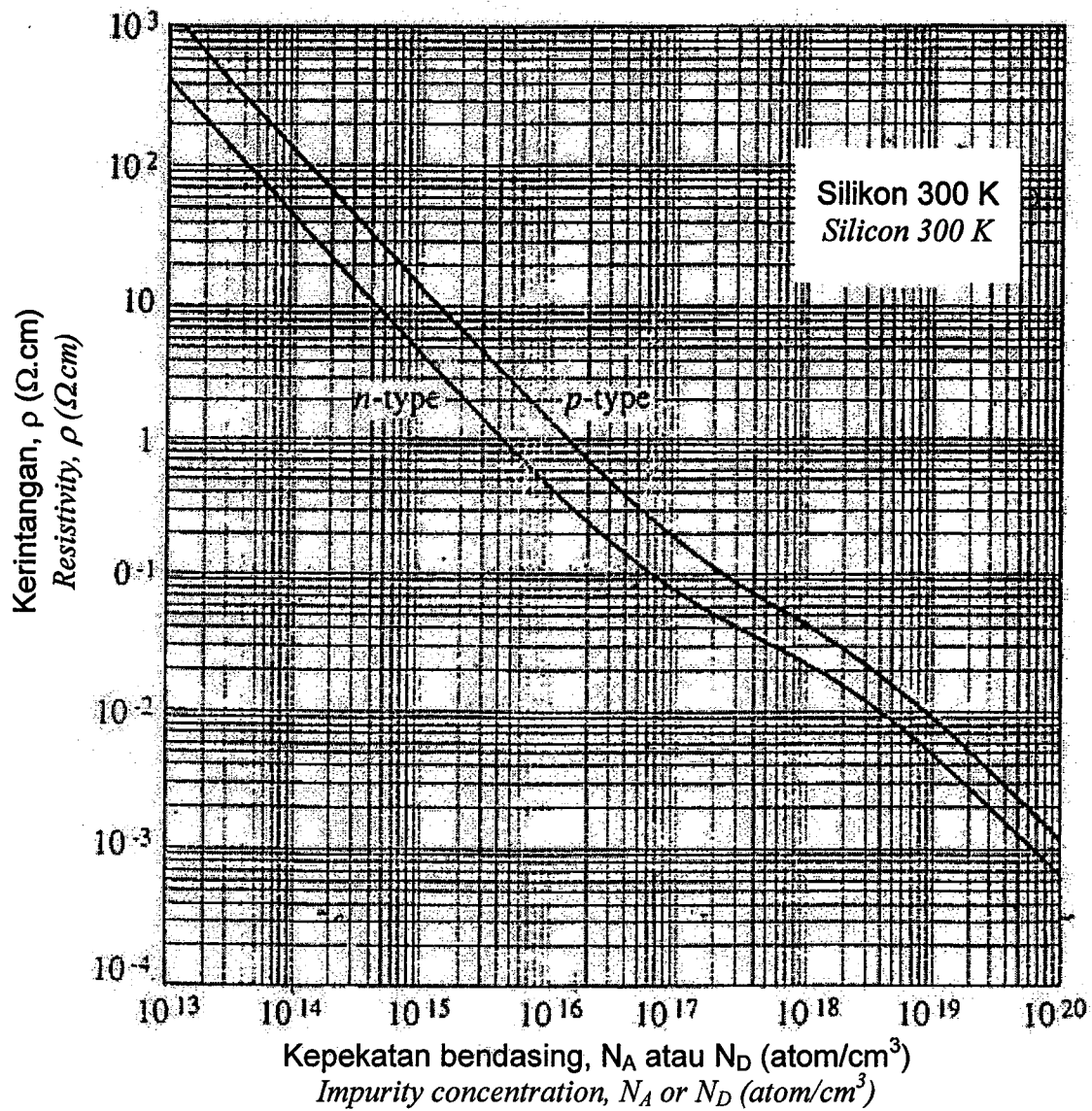
*(40 marks)*

[b] *Briefly discuss the selection criteria of using a lead-free solder system for flip-chip interconnects?*

*(30 marks)*

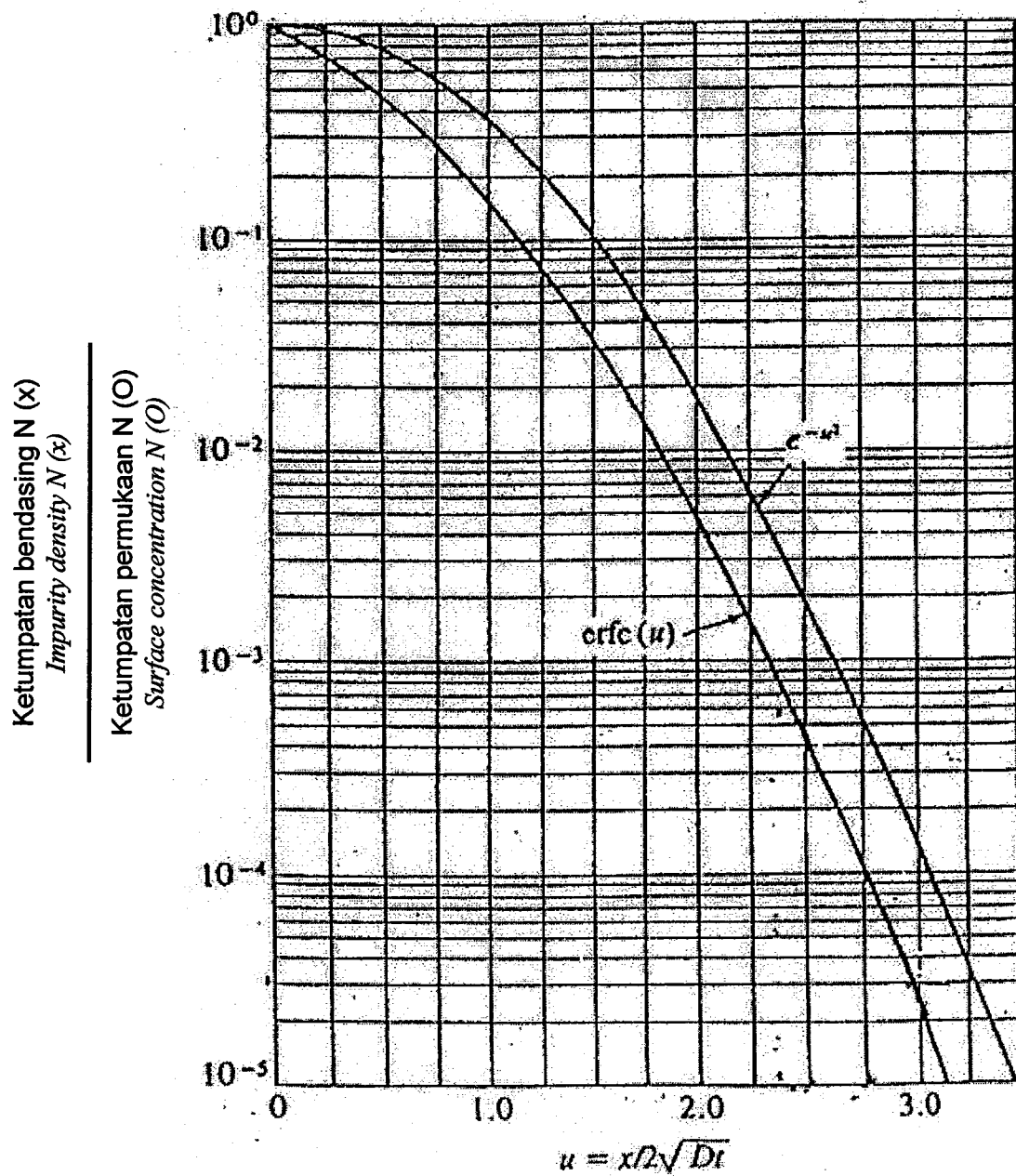
[c] *With the help of flow diagrams, explain the basic process flow of solder bumping technologies.*

*(30 marks)*

**LAMPIRAN 1****APPENDIX 1**

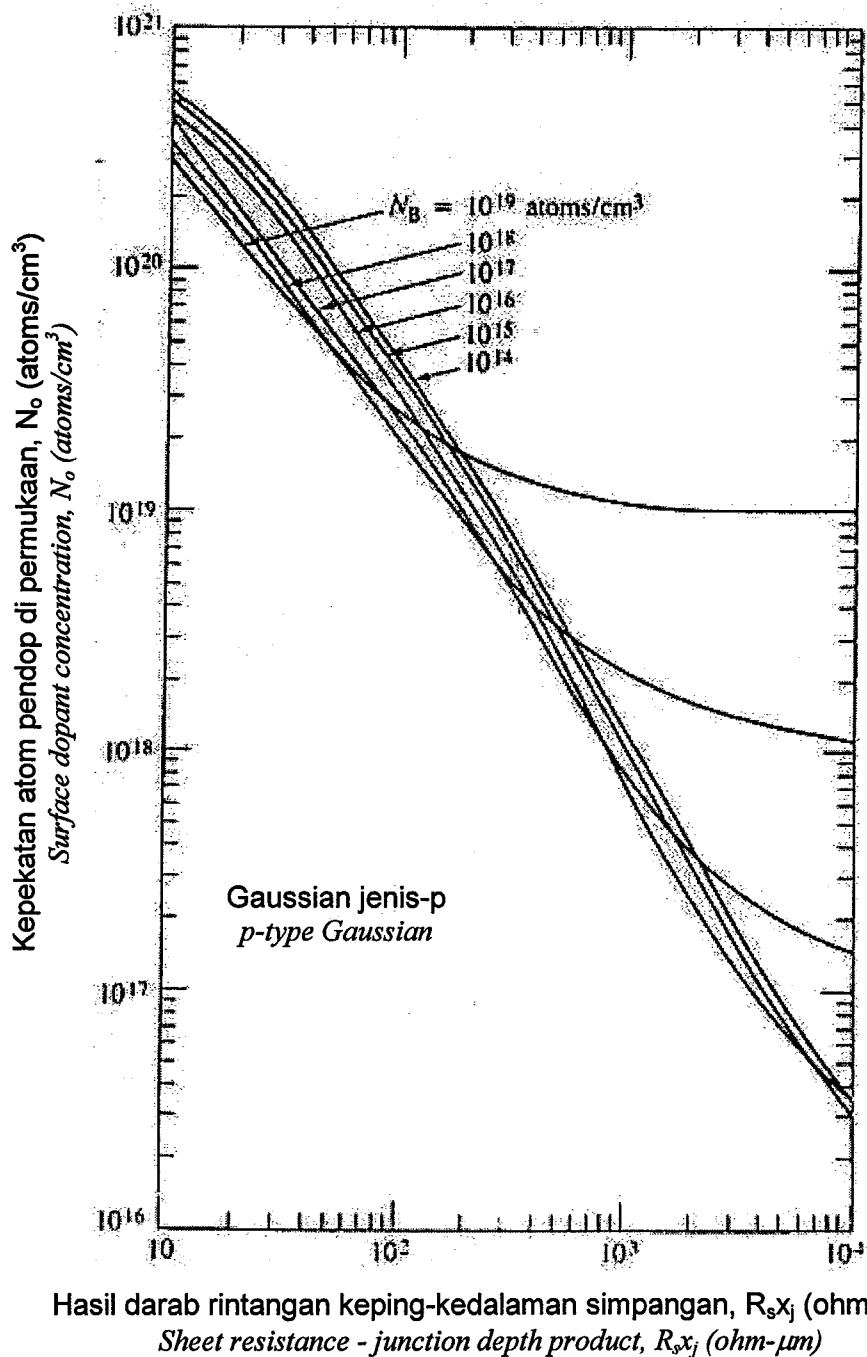
**Rajah 1 - Graf kerintangan bagi silikon jenis-n dan jenis-p sebagai fungsi kepekatan bendasing pada suhu bilik**

*Figure 1 - Graph for room temperature resistivity in n-type and p-type silicon as a function of impurity concentration*

**LAMPIRAN 2****APPENDIX 2**

**Rajah 2 - Graf bagi profil Gaussian dan fungsi ralat pelengkap (erfc)**

*Figure 2 - A graph for Gaussian and complementary error function (erfc) profiles*

**LAMPIRAN 3****APPENDIX 3**

**Rajah 3 - Graf kepekatan bendasing melawan nilai hasil darab rintangan keping-kedalaman simpangan ( $R_s \times X_j$ ) bagi kepekatan latar belakang wafer silikon yang berbeza pada suhu bilik**

*Figure 3 - Graph for surface impurity concentration versus the sheet resistance-junction depth product for different silicon background concentrations at room temperature*

**LAMPIRAN 4****APPENDIX 4****Jadual Pemalar Fizikal****Physical Constants**

Kuantiti <i>Quantity</i>	Simbol/Unit <i>Symbol/Unit</i>	Nilai <i>Value</i>
Angstrom unit <i>Angstrom unit</i>	Å	$1 \text{ Å} = 10^{-1} \text{ nm} = 10^{-4} \text{ μm}$ $= 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-10} \text{ m}$
Pemalar Avogadro <i>Avogadro constant</i>	$N_{\text{AVO}}$	$6.02204 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
Jejari Bohr <i>Bohr radius</i>	$a_{\text{B}}$	0.52917 Å
Pemalar Boltzmann <i>Boltzmann constant</i>	k	$1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K (R/N}_{\text{AVO}})$
Cas Elementari <i>Elementary charge</i>	q	$1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$
Jisim Rehat Elektron <i>Electron rest mass</i>	$m_0$	$0.91095 \times 10^{-30} \text{ kg}$
Elektron Volt <i>Electron volt</i>	eV	$1.60218 \times 10^{-19} \text{ J} = 23.053 \text{ kcal/mole}$
Pemalar Gas <i>Gas constant</i>	R	1.98719 cal/mole-K
Kebolehtelapan (Permeability) di vakum <i>Permeability in vacuum</i>	$\mu_0$	$1.25663 \times 10^{-8} \text{ H/cm (} 4\pi \times 10^{-9} \text{)}$
Kebolehtelusan (Permittivity) di vakum <i>Permittivity in vacuum</i>	$\epsilon_0$	$8.85418 \times 10^{-14} \text{ F/cm (} 1/\mu_0 c^2 \text{)}$
Pemalar Plank <i>Plank constant</i>	h	$6.62617 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
Pemalar Plank berkurang <i>Reduced Plank constant</i>	$\hbar$	$1.05458 \times 10^{-34} \text{ J-s (h/2}\pi\text{)}$
Jisim Rehat Proton <i>Proton rest mass</i>	$M_{\text{p}}$	$1.67264 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Laju cahaya di vakum <i>Speed of light in vacuum</i>	c	$2.99792 \times 10^{10} \text{ cm/s}$
Atmosfera Piawai <i>Standard atmosphere</i>		$1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$
Voltan Termal pada 300 K <i>Thermal voltage at 300 K</i>	kT/q	0.0259 V
Jarak Gelombang bagi kuantum 1-ev <i>Wavelength of 1-eV quantum</i>	$\lambda$	1.23977 μm